

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Jalan**

##### **2.1.1 Pengertian Jalan**

Menurut alamsyah (2001:1) bahwa perkembangan jalan di Indonesia sudah dimulai sejak dibangun pada abad 18. Jalan tersebut memiliki titik awal dari Banten hingga Banyuwangi, lebih tepatnya dari anyer hingga Panarukan. Jalan tersebut memiliki panjang 1000 km. Pembangunan jalan saat itu memiliki beberapa tujuan yaitu untuk kepentingan strategi dalam mengatur daerah jajahan dan untuk mengantarkan pengangkutan hasil bumi ke daerah lain di masa kerja paksa.

Menurut PP RI NO 34 Tahun 2006 jalan memiliki pengertian sebagai penunjang utama dalam berlalu lintas yang terdiri dari ruas jalan, bagian pelengkap dan perlengkapannya. Bagian-bagian prasarana tersebut dipergunakan untuk kendaraan melintas seperti yang berada diatas tanah, dibawah tanah, dan dipermukaan air, kecuali lintasan kereta api, lori dan kabel.

##### **2.1.2 Klasifikasi Jalan**

Menurut Alamsyah (2001:2) dalam perkembangannya kebutuhan kendaraan darat semakin terus meningkat sehingga diperlukannya beberapa pembatasan terhadap masalah yang akan ditimbulkan seperti kelancaran, keamanan, dan kenyamanan dalam berkendara, dan juga daya dukung dari perkerasan jalan.

Pengelompokan jalan berdasarkan suatu fungsi atau kegunaan jalan, administrasi pemerintahan, muatan gandar mengenai tentang dimensi kendaraan, dan juga berat kendaraan disebut klasifikasi jalan.

Menurut PP RI NO 34 Tahun 2006 klasifikasi jalan terbagi menjadi 3 bagian, yaitu :

1. Menurut Sistem Jaringan Jalan
  - a. Sistem Jaringan Jalan Primer

- b. Sistem Jaringan Jalan Sekunder
- 2. Sistem Jaringan Jalan Sekunder Berdasarkan Fungsinya
  - a. Jalan Arteri Primer
  - b. Jalan Kolektor Primer
  - c. Jalan Lokal Primer
  - d. Jalan Lingkungan Primer
  - e. Jalan Arteri Sekunder
  - f. Jalan Kolektor Sekunder
  - g. Jalan Lokal Sekunder
  - h. Jalan Lingkungan Sekunder
- 3. Berdasarkan Wewenang Pembinaan
  - a. Jalan Nasional
  - b. Jalan Provinsi
  - c. Jalan Kabupaten
  - d. Jalan Kotamadya
  - e. Jalan Khusus
  - f. Jalan Tol

### **2.1.3 Karakteristik Lalu lintas**

#### **1. Karakteristik Lalu Lintas**

Menurut Alamsyah (2001:8) bahwa pada dasarnya pembuatan kendaraan merupakan salah 1 dari 3 tujuan pokok dari angkutan, yaitu :

- a. Angkutan bagi setiap individu-individu yang mempunyai kendaraan sebagai angkutan biasanya disebut angkutan pribadi.
- b. Angkutan yang digunakan bagi umum atau masyarakat dengan tambahan biaya atau tarif angkutan disebut sebagai angkutan umum.
- c. Angkutan yang digunakan untuk mengangkut segala jenis barang disebut sebagai angkutan barang. Berdasarkan fisiknya, karakteristik kendaraan terdiri dari :
  - i. Dimensi dapat memberikan pengaruh pada lebar lajur lalu lintas, lebar bahu jalan yang diperkeras, panjang dan lebar ruang parkir.

- ii. Berat, dapat mempengaruhi desain perkerasan, konsumsi bahan bakar, karakteristik pengereman dan percepatan. Beban gandar atau as roda dapat memastikan kerusakan yang terjadi dari sifat kendaraan pada permukaan jalan.

- iii. Kinerja

## 2. Karakteristik Pengemudi

Menurut Alamsyah (2001:9) bahwa ada beberapa faktor yang mempengaruhi reaksi pengemudi kendaraan pada kondisi jalan dan lalu lintas, yaitu :

- a. Persepsi Pengendara.
- b. Identifikasi atau intelektual
- c. Pertimbangan
- d. Reaksi

### 2.1.4 Klasifikasi Dalam Perencanaan

#### 1. Tipe Jalan

Menurut Alamsyah (2001:11) jalan dibedakan menjadi 2 bagian, yaitu:

##### a. Tipe Jalan I

Merupakan tipe jalan yang sangat dibatasi seperti pada Tabel 2.1 :

**Tabel 2.1 Tipe Jalan I**

Fungsi	Kelas	
	Arteri	I
Utama	Kolektor	II
	Sekunder	II

Sumber : Alamsyah, 2001

##### b. Tipe Jalan II

Merupakan tipe jalan yang memiliki ijin terbatas seperti Tabel 2.2 :

**Tabel 2.2 Tipe Jalan II**

Fungsi		Volume LL Rencana (smp)	Kelas
Utama	Arteri		I
	Kolektor	10000 atau lebih	I
		Kurang dari 10000	II
Sekunder	Arteri	20000 atau lebih	I

Fungsi	Volume LL Rencana (smp)	Kelas
Sekunder	Arteri	Kurang dari 20000
	Kolektor	6000 atau lebih
		Kurang dari 6000
	Lokal	500 atau lebih
		Kurang dari 500

Sumber : Alamsyah, 2001

## 2. Kelas Jalan

Kelas jalan merupakan pembagian jalan berdasarkan fungsi, volume dan sifat lalu lintasnya. Menurut Alamsyah (2001:12) berdasarkan tipe dan pembagian jalan dapat dibedakan menjadi 2 jenis kelas jalan, seperti Tabel 2.3 :

**Tabel 2.3 Klasifikasi Jalan**

Tipe I	Kelas I	Jalan dengan standar tinggi untuk melayani antar wilayah dan kota untuk kecepatan tinggi dengan pembatasan jalan masuk
	Kelas II	Jalan dengan standar tinggi untuk melayani antar wilayah dan didalam metropoloitan untuk kecepatan tinggi dengan pembatasan jalan masuk
Tipe II	Kelas I	Jalan dengan standar tinggi, 4 lajur atau lebih untuk antar kota, kecepatan tinggi, dan volume lalu lintas tinggi dengan masih ada beberapa pembatasan jalan masuk
	Kelas II	Jalan dengan standar tinggi, 2 lajur atau lebih untuk antar kota, kecepatan tinggi, dan volume lalu lintas sedang dengan atau tanpa pembatasan jalan masuk
	Kelas III	Jalan dengan standar tinggi, 2 lajur atau lebih untuk antar distrik, kecepatan sedang, dan volume lalu lintas tinggi tanpa pembatasan jalan masuk
	Kelas IV	Jalan dengan standar rendah, 1 lajur 2 arah sebagai jalan penghubung

Sumber : Alamsyah, 2001

## 3. Bagian Jalan

Menurut Hendarsin (2000:68) jalan memiliki beberapa bagian-bagian, yaitu :

- Daerah yang berada di tengah segmen jalan dengan fungsi sebagai pemisah atau pembagi arah kendaraan melintas di suatu segmen jalan disebut median jalan.

- b. Bagian jalan yang bisa dilewati kendaraan melintas, tidak termasuk bahu jalan disebut lebar jalur ( $W_c$ ).
- c. Daerah yang berada di sisi pinggir jalur lalu lintas serta memiliki tugas sebagai daerah untuk berjalan kaki, kendaraan umum yang melambat, dan angkutan yang berhenti merupakan pengertian dari lebar bahu ( $W_s$ ).

### 2.1.5 Daerah Penguasaan Jalan

Menurut Hendarsin (2000:70) daerah penguasaan jalan merupakan daerah atau tempat yang kekuasaannya untuk kepentingan dan keperluan jalan.

Daerah penguasaan jalan memiliki fungsi untuk memajukan ruang dalam kegiatan perekonomian atau industri dan membuat rasa aman, lancar dan nyaman arus lalu lintas dalam berkendara bagi para pengguna jalan.

3 jenis daerah penguasaan jalan menurut Hendarsin (2000:70), yaitu :

#### 1. Daerah Manfaat Jalan (DAMAJA)

Lebar, tinggi, dan kedalaman yang memiliki batas tertentu merupakan batasan-batasan terhadap suatu daerah sepanjang jalan disebut daerah manfaat jalan. Damaja memiliki beberapa fungsi seperti perkerasan jalan, jalur pembagi, bahu jalan, saluran yang berada di pinggir jalan, trotoar, lereng, ambang pengaman, perlengkapan jalan dan bangunan pelengkap lainnya. Ketentuan-ketentuan yang harus diperhatikan dalam ruang untuk daerah manfaat jalan, yaitu :

- a. Memiliki lebar terbatas pada ambang pengaman konstruksi jalan di kedua sisi.
- b. Tinggi harus 5 m di atas permukaan perkerasan pada sumbu jalan yang direncanakan.
- c. 1,5 m untuk kedalaman ruang bebas di bawah permukaan jalan.

#### 2. Daerah Milik Jalan (DAMIJA)

Damija memiliki pengertian sebagai suatu daerah di sekitar jalan yang dibatasi lebar, tinggi, dan kedalaman yang memiliki batas ukuran yang tetap. Damija berfungsi sebagai kepentingan Damaja, untuk melakukan

tambahan jalur lalu lintas dan keperluan ruang selama pengamanan jalan. Ada beberapa ketentuan dalam pelaksanaan Damija yaitu :

- a. Tinggi ambang pengaman konstruksi jalan bisa ditambah sebesar 5 m
- b. 1,5 m untuk kedalaman ruang bebas

### 3. Daerah Penguasaan Jalan (DAWASJA)

Dawasja memiliki pengertian sebagai suatu daerah di jalan yang lokasinya di luar Damaja. ketinggian dan lebar tertentu merupakan batasan daerah ini, misalnya di tikungan penentuan daswajanya berdasarkan jarak pandang yang dibatasi lebar dari as jalan. Penggunaan dan penentuan dawasja biasanya berdasarkan pada pandangan pengemudi terhadap dawasja dan daerah tersebut diawasi oleh Pembina jalan.

Ada beberapa ketentuan dalam penggunaan dawasja, yaitu :

- a. Jalan arteri primer  $\geq 20$  m
- b. Jalan arteri sekunder  $\geq 20$  m
- c. Jalan kolektor primer  $\geq 15$  m
- d. Jalan kolektor sekunder  $\geq 7$  m
- e. Jalan lokal primer  $\geq 10$  m
- f. Jalan lokal sekunder  $\geq 4$  m
- g. Jembatan  $\geq 100$  m ke arah hulu dan hilir.

Agar daerah penguasaan jalan mudah dimengerti bisa dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.1. Damaja, Damija, dan Dawasja

Sumber : Hendarsin, 2000

## 2.2 Perkerasan Jalan Raya

Pengertian dari perkerasan jalan adalah suatu pembangunan jalan yang lapisan konstruksinya dibuat keras agar memiliki kekuatan, kekakuan, kestabilan, serta ketebalan yang dapat menyalurkan muatan lalu-lintas pada lapisan permukaannya ke tanah dasar. Agregat dan bahan ikat yang dicampur biasanya akan dipakai untuk bahan perkerasan. Menurut Sukirman (1999:4) didasarkan pada bahan ikatnya yang dipakai untuk perkerasan jalan dapat dibedakan jenis perkerasannya, yaitu:

- a. Penggunaan bahan pengikat yang berupa aspal pada perkerasan jalan disebut sebagai konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*). Bagian-bagian dari perkerasan ini harus memiliki sifat yang mampu menahan dan mengirimkan beban kendaraan yang melintas dari permukaan ke tanah dasar.
- b. Penggunaan bahan pengikat yang terbuat dari beton pada perkerasan jalan disebut sebagai konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*). Pelat beton yang digunakan tersebut harus bisa menopang muatan lalu lintas yang akan diterimanya dengan bantuan tulangan atau tanpa tulangan.
- c. Penggunaan bahan pengikat yang berasal dari kombinasi aspal dan beton untuk perkerasan jalan disebut konstruksi perkerasan komposit (*composite pavement*). Susunan perkerasan ini adalah dimana aspal diletakkan di atas beton ataupun sebaliknya.

Perkerasan kaku dan lentur memiliki beberapa perbedaan seperti tabel 2.4 dibawah ini.

**Tabel 2.4 Perbedaan antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku**

	Perkerasan Lentur	Perkerasan Kaku
1	Bahan pengikat Aspal	Semen
2	Repetisi beban Timbul <i>Rutting</i> (lendutan pada jalur roda)	Timbul retak-retak pada permukaan
3	Penurunan tanah dasar Jalan bergelombang (mengikuti tanah dasar)	Bersifat sebagai balok di atas perletakan

		Perkerasan Lentur	Perkerasan Kaku
4	Perubahan temperature	Modulus kekakuan berubah. Timbul tegangan dalam yang kecil	Modulus kekakuan tidak berubah. Timbul tegangan dalam yang besar

Sumber : Sukirman, Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1999

### 2.3 Perkerasan Lentur

Perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat dan bagian dari susunan perkerasan yang memiliki sifat memikul dan mengirimkan beban lalu lintas ke tanah dasar disebut perkerasan lentur (*flexible pavement*), (Sukirman, 1999). Bagian-bagian perkerasan lentur yang terletak diatas tanah dasar dan telah dipadatkan memiliki fungsi untuk menerima dan menyebarkan beban yang ada dipermukaan ke bagian yang ada di bawahnya, maka beban yang akan didapatkan oleh tanah dasar lebih rendah dari beban yang diterima oleh bagian permukaan, serta lebih rendah dari daya dukung tanah dasar.

Menurut Sukirman (1999:6) terdapat beberapa kriteria dalam konstruksi perkerasan lentur, yaitu :

#### 1. Syarat – Syarat Berlalu Lintas

Berdasarkan keamanan dan kenyamanan dalam berkendara di jalan, konstruksi perkerasan lentur haruslah mencukupi ketentuan berikut ini :

- Lapisan yang rata, tidak bergelombang, tidak mengalami lendutan dan tidak memiliki lubang di atas permukaannya.
- Permukaan yang stabil dalam mempertahankan bentuknya walaupun harus menahan beban yang sedang terjadi dipermukaan.
- Gesekan yang baik antara ban dan jalan yang terjadi di lapisan permukaannya.
- Memiliki permukaan yang tak mengkilap.

#### 2. Syarat – Syarat Kekuatan atau Struktural

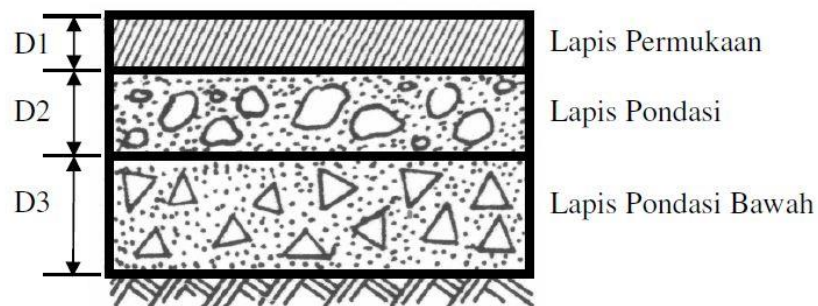
Berdasarkan segi kemampuan menopang dan mengirimkan beban wajib mencukupi ketentuan berikut ini :

- Tebal lapisan yang mampu mengirimkan muatan lalu lintas ke tanah dasar.



- b. Mampu menahan air agar tidak gampang meresap ke lapisan bawahnya.
- c. Permukaan yang gampang membuat air mengalir, yang berada di atasnya.
- d. Kekakuan untuk menahan beban yang terjadi, agar tidak menyebabkan perubahan bentuk.

Lapisan perkerasan lentur memiliki beberapa susunan lapisan-lapisan seperti Gambar 2.5:



**Gambar 2.2. Struktur Lapisan Perkerasan Lentur**  
Sumber : SKBI, 1987

- a) **Lapis Permukaan**  
Campuran dari mineral agregat dan bahan pengikat yang diletakkan di atas lapis pondasi merupakan bagian dari lapis permukaan. Lapis permukaan memiliki beberapa fungsi, yaitu :
  - Untuk menopang beban roda.
  - Untuk memberikan perlindungan pada badan jalan dari kerusakan akibat cuaca.
  - Sebagai lapisan aus (*wearing course*)
- b) **Lapis Pondasi Atas**  
Bagian yang terletak setelah lapis permukaan di atasnya disebut lapis pondasi. Umumnya lapis pondasi dibuat di atas lapis pondasi bawah atau langsung di atas tanah dasar. Lapis ini memiliki beberapa kegunaan, yaitu :
  - Untuk menopang beban roda.
  - Sebagai tempat untuk meletakkan lapis permukaan.
- c) **Lapis Pondasi Bawah**

Bagian yang terletak diantara tanah dasar dan lapis pondasi disebut sebagai lapis pondasi bawah. Material berbutir yang dipadatkan dan di stabilisasikan merupakan bahan penyusun lapis pondasi bawah. Beberapa kegunaan lapis ini, yaitu :

- Untuk membantu sebar dan menahan beban roda.
- Dapat menghemat pemakaian bahan dan biaya pengeluaran pembangunan.
- Menahan tanah asli atau dasar masuk ke dalam lapis pondasi.
- Selaku lapis awal untuk pengerjaan konstruksi, agar berlangsung lancar.

### 2.3.1 Perencanaan Perkerasan Lentur Metode Analisa Komponen

#### 2.3.1.1 Lalu Lintas

##### 1. Jumlah Jalur dan Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Menurut Bina Marga (1987) jalur lalu lintas dari satu ruas jalan raya, yang memuat lalu lintas terbesar disebut jalur rencana. Menurut lebar perkerasannya, penentuan banyaknya lajur bisa memakai Tabel 2.5:

**Tabel 2.5. Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan**

Lebar Perkerasan (L)	Jumlah Lajur (n)
$L < 5,50 \text{ m}$	1 jalur
$5,50 \text{ m} \leq L < 8,25 \text{ m}$	2 jalur
$8,25 \text{ m} \leq L < 11,25 \text{ m}$	3 jalur
$11,25 \text{ m} \leq L < 15,00 \text{ m}$	4 jalur
$15,00 \text{ m} \leq L < 18,75 \text{ m}$	5 jalur
$18,75 \text{ m} \leq L < 22,00 \text{ m}$	6 jalur

Sumber : Hendarsin, 2000

Untuk mencari nilai koefisien distribusi kendaraan ringan dan berat yang melewati jalur yang direncanakan dapat menggunakan Tabel 2.6:

**Tabel 2.6. Koefisien Distribusi Kendaraan (C)**

Jumlah Lajur	Kendaraan Ringan *)		Kendaraan Berat **)	
	1 arah	2 arah	1 arah	2 arah
1 lajur	1,00	1,00	1,00	1,00
2 lajur	0,60	0,50	0,70	0,500

Jumlah Lajur	Kendaraan Ringan *)		Kendaraan Berat **)	
	1 arah	2 arah	1 arah	2 arah
3 lajur	0,40	0,40	0,50	0,475
4 lajur	-	0,30	-	0,450
5 lajur	-	0,25	-	0,425
6 lajur	-	0,20	-	0,400

Sumber : Hendarsin, 2000

## 2. Angka Ekvivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan.

Menurut Bina Marga (1987) beban kendaraan yang menerangkan tingkat pertimbangan kerusakan yang muncul pada suatu perlintasan muatan sumbu tunggal kendaraan kepada besar kecilnya kerusakan yang dikeluarkan oleh suatu lintasan muatan standar sumbu tunggal disebut angka ekivalen. Untuk menentukan angka ekivalen beban ganda roda di setiap kendaraan dapat menggunakan Tabel 2.7

**Tabel 2.7 Angka Ekvivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan**

Beban Sumbu		Angka Ekvivalen	
Kg	Lb	Sumbu Tunggal	Sumbu Ganda
1000	2205	0.0002	-
2000	4409	0.0036	0.0003
3000	6614	0.0183	0.0016
4000	8818	0.0577	0.0050
5000	11023	0.141	0.0121
6000	13228	0.2923	0.0251
7000	15432	0.5415	0.0466
8000	17637	0.9238	0.0794
8160	18000	10.000	0.0860
9000	19841	14.798	0.1273
10000	22046	22.555	0.1940
11000	24251	33.022	0.2840
12000	26455	46.770	0.4022
13000	18660	64.419	0.5540
14000	30864	86.647	0.7452
15000	33069	114.184	0.9820
16000	35276	147.815	12.712

Sumber : Hendarsin, 2000

### 3. Lalu Lintas Harian Rata-rata dan Rumus Lintas Ekvivalen

Menurut Bina Marga (1987) LHR dan persamaan rumus lintas ekvivalen, yaitu :

- a) Menghitung Lalu lintas Harian Rata-rata (LHR) berdasarkan pada permulaan umur rencana di setiap jenis kendaraan pada arah jalan yang menggunakan median atau tanpa median.

$$LHR = (1+i)^{UR} \times \text{Jumlah kendaraan} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

LHR : Lalu lintas harian rata-rata (kend/hari/2jurusan)

i : Perkembangan lalu lintas

UR : Jumlah tahun rencana

- b) Rumus Lintas Ekvivalen Permulaan (LEP) sebagai berikut:

$$LEP = \sum_{j=1}^n LHR_j \times C_j \times E_j \dots\dots\dots (2.2)$$

Catatan : j = Jenis kendaraan

- c) Rumus Lintas Ekvivalen Akhir (LEA) sebagai berikut:

$$LEA = \sum_{j=1}^n LHR_j (1+i)^{UR} \times C_j \times E_j \dots\dots\dots (2.3)$$

Catatan : i = Perkembangan lalu lintas

j = Jenis kendaraan

- d) Menghitung Lintas Ekvivalen Tengah (LET) bisa menggunakan persamaan berikut ini :

$$LET = \frac{1}{2} \times (LEP + LEA) \dots\dots\dots (2.4)$$

- e) Menghitung Lintas Ekvivalen Rencana (LER) dapat memakai rumus berikut ini :

$$LER = LET \times FP \dots\dots\dots (2.5)$$

( Rumus Faktor penyesuaian (FP):  $FP = UR/10$ )

#### 2.3.1.2 Umur Rencana

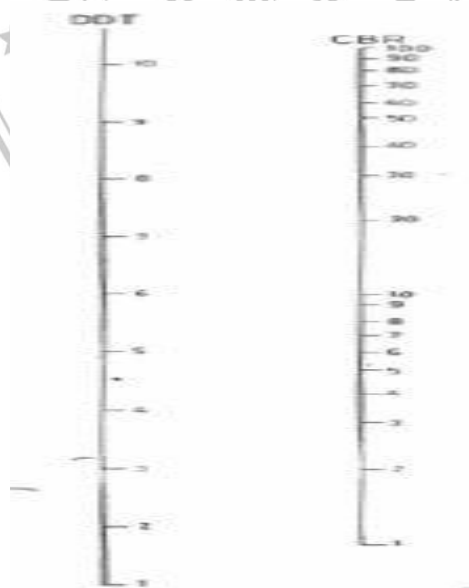
Menurut Bina Marga (1987) jumlah tahun dari saat jalan diresmikan untuk lalu lintas kendaraan hingga dibutuhkan suatu perbaikan di bagian strukturnya (hingga dibutuhkan lapis tambahan atau overlay) disebut umur rencana. Umumnya jalan baru menggunakan umur rencana 20 tahun, sedangkan untuk meningkatkan struktur jalan bisa menggunakan umur rencana 10 tahun.

### 2.3.1.3 Daya Dukung Tanah Dasar (DDT) dan CBR

Menurut Bina Marga (1987) untuk menetapkan daya dukung tanah dasar (DDT) harus didasarkan pada grafik korelasi (Gambar 2.3). Pengertian harga CBR disini adalah harga CBR lapangan atau CBR laboratorium. Untuk merencanakan lapis tambahan (*overlay*) bisa menggunakan CBR lapangan dan untuk merencanakan konstruksi jalan baru bisa menggunakan CBR lab. Ada beberapa langkah dalam menentukan harga CBR yang dapat mewakili, yaitu :

- Menentukan CBR yang paling rendah.
- Menentukan berapa jumlah nilai dari tiap-tiap nilai CBR yang sama seta yang lebih tinggi dari setiap nilai CBR.
- Nyatakan 100% apabila memiliki jumlah angka terbanyak. Sedangkan jumlah lainnya adalah persentase dari 100%
- Buat grafik dan hubungkan harga CBR dengan persentase jumlah
- Angka persentase 90% merupakan angka yang mewakili untuk mendapatkan nilai CBR .

Setelah nilai CBR diperoleh, maka dapat ditentukan nilai DDT-nya dengan cara buat garis datar ke kiri dari CBR menuju ke DDT seperti Gambar 2.3.



**Gambar 2.3. Korelasi CBR dan DDT**

Sumber : Hendarsin, 2000

### 2.3.1.4 Faktor Regional (FR)

Menurut Bina Marga (1987) permeabilitas tanah, perlengkapan drainase, bentuk alinyemen, jumlah kendaraan dengan berat 13 ton, kendaraan berhenti, dan situasi iklimnya (curah hujan) merupakan keadaan lapangan yang dapat mempengaruhi faktor regionalnya seperti Tabel 2.8.

**Tabel 2.8 Faktor Regional (FR)**

	Kelandaian I ( < 6 %)		Kelandaian II ( 6 – 10 %)		Kelandaian III ( > 10%)	
	% kendaraan berat		% kendaraan berat		% kendaraan berat	
	≤ 30 %	> 30 %	≤ 30 %	> 30 %	≤ 30 %	> 30 %
Iklim I < 900 mm/th	0,5	1,0 – 1,5	1,0	1,5 – 2,0	1,5	2,0 – 2,5
Iklim II > 900 mm/th	1,5	2,0 – 2,5	2,0	2,5 – 3,0	2,5	3,0 – 3,5

Sumber : Hendarsin, 2000

Catatan: Pada bagian-bagian jalan tertentu, seperti persimpangan, pemberhentian atau tikungan tajam (jari-jari 30 m) FR ditambah dengan 0,5. Pada daerah rawa-rawa FR ditambah dengan 1,0.

### 2.3.1.5 Indeks Permukaan (IP)

Menurut Bina Marga (1987) nilai kerataan, kehalusan dan kekuatannya permukaan yang berkenaan dengan tingkat pelayanan untuk kendaraan yang melintas disebut sebagai indeks permukaan. Indeks permukaan memiliki beberapa pengertian berdasarkan nilai IP seperti berikut ini:

- Permukaan jalan yang rusak berat dan dapat membuat ketidaknyamanan dalam berlalu lintas dinyatakan memiliki nilai IP=1,0.
- Tingkat pelayanan paling rendah yang jalannya tidak terputus dinyatakan memiliki nilai IP=1,5.
- Tingkat pelayanan standar untuk jalan yang cukup baik dinyatakan memiliki nilai IP=2,0.
- Permukaan jalan yang masih cukup stabil dan baik dinyatakan memiliki nilai IP=2,5.

Menurut Bina Marga (1987) klasifikasi fungsional jalan dan total nilai (LER) merupakan faktor pertimbangan untuk menentukan indeks permukaan di akhir umur rencana, menurut Tabel 2.9 :

**Tabel 2.9. Indeks Permukaan Pada Akhir Umur Rencana (IP)**

LER = Lintas Ekivalen Rencana *)	Klasifikasi Jalan			
	Local	Kolektor	Arteri	Tol
< 10	1,0 – 1,5	1,5	1,5 – 2,0	-
10 – 100	1,5	1,5 – 2,0	2,0	-
100 – 1000	1,5 – 2,0	2,0	2,0 – 2,5	-
> 1000	-	2,0 – 2,5	2,5	2,5

Sumber : Hendarsin, 2000

\*) LER untuk satuan angka ekivalen 8,16 ton beban gandar roda tunggal.

Menurut Bina Marga (1987) nilai LER memiliki fungsi untuk menentukan nilai indeks permukaan akhir dengan menggunakan Tabel 2.9, sedangkan jenis lapis permukaan dapat dimanfaatkan dalam mencari nilai indeks permukaan awal dengan Tabel 2.10.

**Tabel 2.10 Indeks Permukaan Pada Awal Umur Rencana (IPo)**

Jenis Permukaan	IPo	Roughness *) (mm/km)
LASTON	$\geq 4$	$\leq 1000$
	3,9 – 3,5	$> 1000$
LASBUTAG	3,9 – 3,5	$\leq 2000$
	3,4 – 3,0	$> 2000$
HRA	3,9 – 3,5	$\leq 2000$
	3,4 – 3,0	$> 2000$
BURDA	3,9 – 3,5	$< 2000$
BURTU	3,4 – 3,0	$< 2000$
LAPEN	3,4 – 3,0	$\leq 3000$
	2,9 – 2,5	$> 3000$
LATASBUM	2,9 – 2,5	
BURAS	2,9 – 2,5	
LATASIR	2,9 – 2,5	
JALAN TANAH	$\leq 2,4$	
JALAN KERIKIL	$\leq 2,4$	

Sumber : Hendarsin, 2000

\*) Alat pengukur roughness yang dipakai adalah roughometer NAASRA, yang dipasang pada kendaraan standar Datsun 1500 station wagon, dengan kecepatan kendaraan  $\pm 32$  km per jam.

### 2.3.1.6 Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Menurut Bina Marga (1987) jenis bahan lapis permukaan, pondasi, dan pondasi bawah dapat ditentukan berdasarkan koefisien kekuatan relatif melalui Tabel 2.11 :

**Tabel 2.11 Koefisien Kekuatan Relatif (a)**

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a1	a2	a3	MS (kg)	Kt (kg/cm)	CBR (%)	
0,40	-	-	744	-	-	Laston
0,35	-	-	590	-	-	
0,35	-	-	454	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	
0,35	-	-	744	-	-	Lasbutag
0,31	-	-	590	-	-	
0,28	-	-	454	-	-	
0,26	-	-	340	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	HRA
0,26	-	-	340	-	-	Aspal macadam
0,25	-	-	-	-	-	Lapen (mekanis)
0,20	-	-	-	-	-	Lapen (manual)
-	0,28	-	590	-	-	Laston Atas
-	0,26	-	454	-	-	
-	0,24	-	340	-	-	
-	0,23	-	-	-	-	Lapen (mekanis)
-	0,19	-	-	-	-	Lapen (manual)
-	0,15	-	-	22	-	Stab. Tanah dengan semen
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,15	-	-	22	-	Stab. Tanah dengan kapur
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,14	-	-	-	100	Batu pecah (kelas A)
-	0,13	-	-	-	80	Batu pecah (kelas B)
-	0,12	-	-	-	60	Batu pecah (kelas C)
-	-	0,13	-	-	70	Sirtu/pitrun (kelas A)
-	-	0,12	-	-	50	Sirtu/pitrun (kelas B)
-	-	0,11	-	-	30	Sirtu/pitrun (kelas C)
-	-	0,10	-	-	20	Tanah/lempung kepasiran

Sumber : Hendarsin, 2000



### 2.3.1.7 Batas-Batas Minimum Tebal Lapisan Perkerasan

Menurut Bina Marga (1987) Tebal minimum lapis permukaan (D1) ditentukan berdasarkan dari angka ITP yang diperoleh dan bahan lapisan permukaan yang digunakan, seperti Tabel 2.12.

**Tabel 2.12 Tebal Minimum pada Lapis Permukaan Perkerasan**

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
< 3,00	5	Lapis pelindung: (Buras/Burtu/Burda)
3,00 – 6,70	5	Lapen/Aspal Macadam, HRA, Lasbutag, Laston
6,71 – 7,49	7,5	Lapen/Aspal Macadam, HRA, Lasbutag, Laston
7,50 – 9,99	7,5	Lasbutag, Laston
≥ 10,00	10	Laston

Sumber : Hendarsin, 2000

Tebal minimum lapis pondasi (D2) ditentukan berdasarkan hubungan antara nilai ITP dan bahan lapis pondasi dengan menggunakan Tabel 2.13.

**Tabel 2.13 Tebal Minimum pada Lapis Pondasi Atas Perkerasan**

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
< 3,00	15	Batu pecah, stabilitastanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur
3,00 – 7,49	20*)	Batu pecah, stabilitastanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur
	10	Laston Atas
7,50 – 9,99	20	Batu pecah, stabilitastanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam
	15	Laston Atas
10 – 12,14	20	Batu pecah, stabilitastanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam, Lapen, Laston Atas
≥ 12,25	25	Batu pecah, stabilitastanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam, Lapen, Laston Atas

Sumber : Hendarsin, 2000

Untuk tebal minimum pondasi bawah yang dianjurkan sebesar 10 cm.

### 2.3.1.8 Analisa Tebal Perkerasan

Menurut Bina Marga (1987) analisa perencanaan tebal perkerasan ditentukan berdasarkan dari kekuatan relatif dari setiap jenis bahan lapisan

perkerasan yang digunakan dan penentuan tebal perkerasan dihitung dengan rumus ITP sebagai berikut :

$$ITP = a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3 \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana :

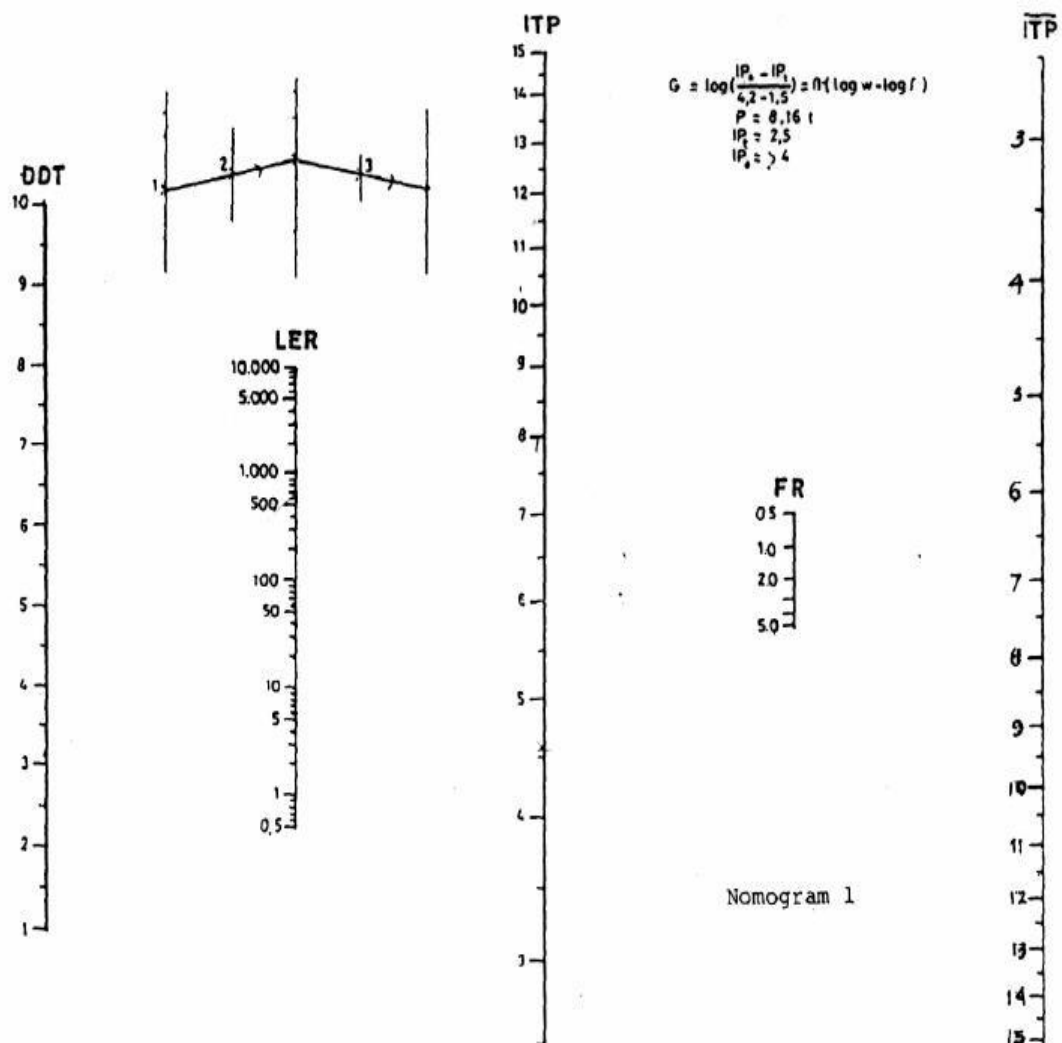
ITP = Indeks Tebal Perkerasan

$a_1, a_2, a_3$  = Koefisien kekuatan relatif bahan perkerasan

$D_1, D_2, D_3$  = Tebal masing-masing lapis perkerasan (cm).

\*) Catatan : Angka 1, 2 dan 3 masing-masing untuk lapis permukaan lapis pondasi dan lapis pondasi bawah.

Dalam menentukan nilai ITP dapat menggunakan Gambar 2.4



Gambar 2.4. Nomogram Menentukan nilai ITP

Sumber : Alamsyah, 2001

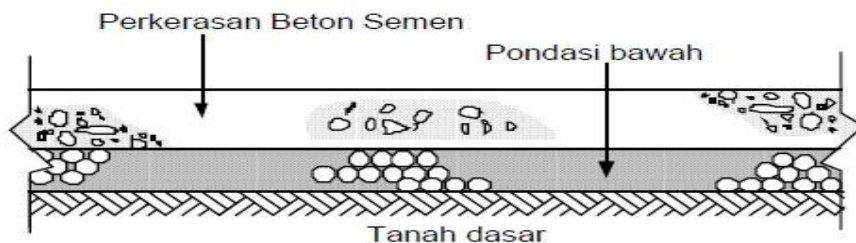
## 2.4 Perkerasan Kaku

Menurut Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (2003:7) suatu struktur bangunan yang memiliki beberapa lapisan seperti tanah asli, lapis pondasi bawah dan lapis beton semen dengan tulangan atau tidak disebut sebagai perkerasan kaku. Letak lapisan permukaan perkerasan kaku berada di atas lapis pondasi bawah atau tanah dasar.

Lapisan perkerasan ini memiliki susunan sebagai berikut :

1. Bagian yang memiliki tebal beton terdiri dari gabungan lapisan base dengan permukaan disebut Lapisan pelat beton (*Concrete Slab*). 20 – 30 cm adalah tebal yang dimiliki lapisan ini berdasarkan dari tergantungnya permintaan dan kondisi lalu lintas. Umumnya bagian ini dapat ditambahkan dengan penggunaan tulangan kembang susut (*Shrinkage Bar*) dan tulangan konstruksi (*Construction Bar*) di tiap susunannya dengan ukuran lebar berkisar 2,5-3 m dan ukuran panjang berkisar 4-5 m.
2. Lapisan *Lean Concrete* merupakan pelat beton tipis dengan ukuran sekitar 5-10 cm dan letaknya berada di lapisan pondasi bawah (*Sub-base Course*). Bagian ini memiliki fungsi untuk melindungi tanah dasar dari rembesan air ketika hujan sehingga diperlukan perencanaan dan perhitungan yang baik terhadap material yang akan digunakan pada lapisan ini.
3. Lapisan tanah dasar (*Sub Grade*) merupakan tanah asli yang dipadatkan untuk perkerasan. Tanah yang digunakan biasanya tanah dari galian dan timbunan.

Untuk pemahaman lebih mudah pada lapisan-lapisan itu bisa melihat Gambar 2.5.



**Gambar 2.5** Tipikal struktur perkerasan beton semen

Sumber: Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, 2003

Ada beberapa jenis yang dibedakan dalam perkerasan beton, sebagai berikut :

- a. Perkerasan beton semen bersambung tidak menggunakan tulangan (*Jointed Unreinforced Concrete Pavement*)
- b. Perkerasan beton semen bersambung menggunakan tulangan (*Jointed Reinforced Concrete Pavement*)
- c. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan (*Continuously Reinforced Concrete Pavement*)
- d. Perkerasan beton semen pra-tegang (*Prestressed Concrete Pavement*)

Menurut Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (2003:7) Sifat daya dukung pada perkerasan beton semen didapat dari pelat beton yang digunakan. Kepadatan, pemadatan dan perubahan kadar air sewaktu masa pelayanan merupakan hal-hal yang mempengaruhi sifat daya dukung pada perkerasan.

Menurut Hendarsin (2000:210) ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam perencanaan tebal perkerasan, yaitu:

### **1. Konstruksi dan pemeliharaan**

Untuk pertimbangan ini ada beberapa faktor-faktor yang perlu dijadikan pertimbangan, yaitu:

- Perluasan jalan dan drainase
- Ketersediaan peralatan dalam perencanaan konstruksi
- Konstruksi Bertahap yang akan digunakan
- Menggunakan stabilitas yang baik
- Keamanan pemakai dan kepentingan di segi lingkungan
- Cara pemeliharaan dan aktivitas sosial
- Akibat-akibat yang bisa terjadi

### **2. Pertimbangan lingkungan**

Perencanaan dan penampilan, kekakuan dan kekuatan bahan yang lepas, dan tanah asli yang bergantung pada kadar air materialnya adalah

hal-hal yang dapat mempengaruhi kelembaban di lingkungan sekitar pembangunan perkerasan jalan.

### **3. Evaluasi lapisan tanah dasar**

Bagian penting mengenai perencanaan suatu tebal lapisan perkerasan adalah evaluasi lapisan tanah dasar. Evaluasi tersebut memiliki tujuan sebagai estimator mencari nilai daya dukung tanah yang hendak dipakai untuk perencanaan.

#### **a. Faktor pertimbangan untuk perkiraan daya dukung**

Urutan pekerjaan tanah, penggunaan dan perubahan kadar air, kepadatan lapangan, serta variabilitas tanah dasar merupakan hal-hal yang perlu ditentukan dengan baik dalam memperkirakan nilai kekuatan dan kekakuan pada lapisan base.

#### **b. Pengukuran daya dukung subgrade**

CBR, parameter elastis dan modulus reaksi tanah dasar merupakan cara mengukur lapisan tanah dasar yang akan dipakai.

### **4. Material perkerasan**

Ada empat kategori material perkerasan berdasarkan sifat bawaannya terhadap beban lalu lintas, yaitu:

- Bahan berbutir lepas
- Bahan terikat
- Aspal
- Beton semen

### **5. Lalu lintas rencana**

Jumlah sumbu yang lewat, beban dan konfigurasi sumbu yang dipengaruhi oleh kendaraan berat merupakan kondisi pelayanan lalu lintas rencana.

#### **2.4.1 Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku Metode Bina Marga 2003**

##### **2.4.1.1 Tanah Dasar**

Menurut Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (2003:7) untuk menentukan daya dukung tanah dasar dapat dilakukan melalui pemeriksaan CBR insitu (SNI 0317310-1989) atau CBR laboratorium (SNI 031744-1989) bagi tiap-

tiap perencanaan tebal perkerasan lama dan baru. Lapisan beton kurus (*Lean-Mix Concrete*) akan dipasang bila ada tanah dasar yang memiliki harga CBR  $< 2\%$  dengan tebal 15 cm. Dan nilai CBR tanah dasar efektif dianggap sebesar 5%.

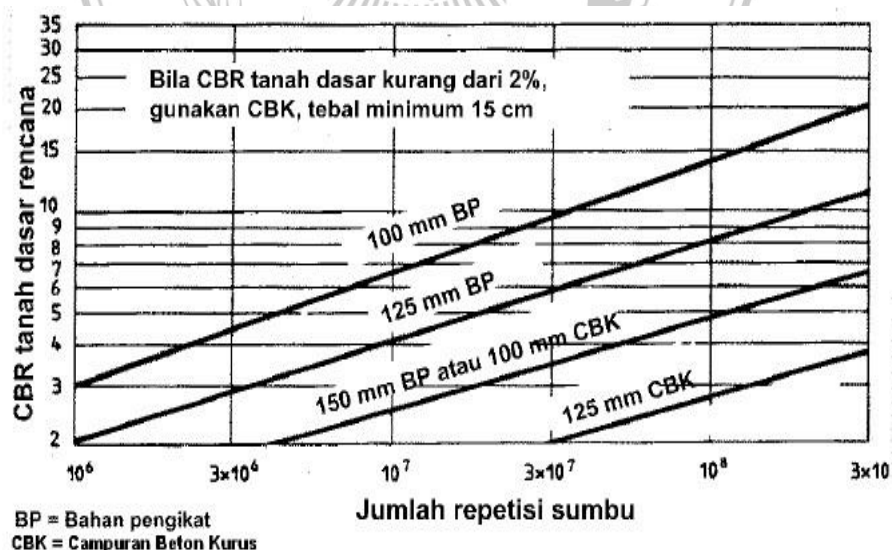
#### 2.4.1.2 Pondasi Bawah

Menurut Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (2003:8) 3 jenis material dalam pembuatan lapisan pondasi bawah, yaitu :

1. Material berbutir.
2. Stabilisasi atau dengan beton kurus giling padat (*Lean Rolled Concrete*).
3. Campuran beton kurus (*Lean Mix Concrete*).

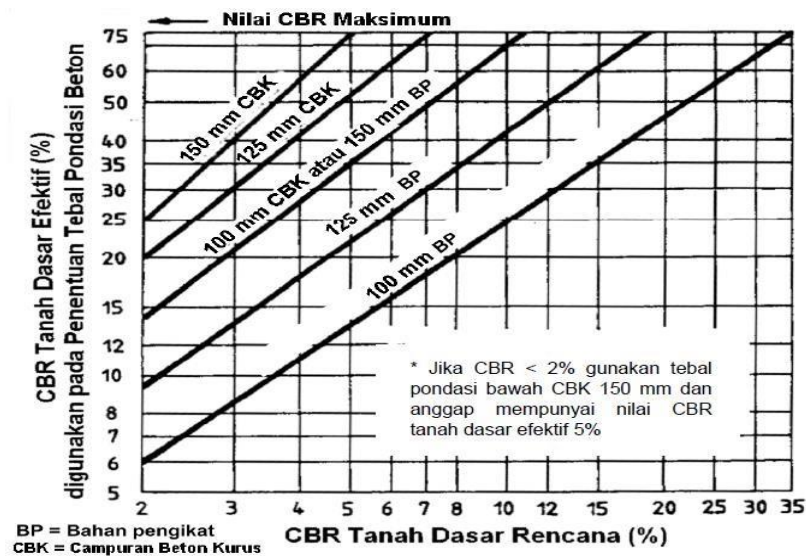
Melakukan pelebaran di bagian luar tepi perkerasan kaku sebesar 60 cm yang diperlukan untuk lapis pondasi bawah, sedangkan untuk tanah yang mengalami perubahan volume perlu ditentukan baik dan buruk dari lebar dan mutu lapisan pondasi, dengan memperkirakan tegangan yang belum tentu akan terjadi. Untuk mereduksi perilaku tanah tersebut dapat menggunakan cara pemasangan lapis pondasi yang lebarnya hingga ke tepi luar lebar jalan.

Tebal lapis pondasi bawah minimum bisa ditentukan dengan Gambar 2.6, sedangkan CBR tanah dasar efektif bisa ditentukan dengan Gambar 2.7 berikut ini:



Gambar 2.6 Tebal pondasi bawah minimum untuk perkerasan beton semen

Sumber: Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, 2003



**Gambar 2.7 CBR tanah dasar efektif dan tebal pondasi bawah**  
Sumber: Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, 2003

#### 2.4.1.3 Beton Semen

Menurut Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (2003:9) angka kuat tarik lentur (*flexural strength*) usia 28 hari merupakan syarat untuk kuat beton. Kekuatan beton tersebut didapatkan dari hasil menguji kuat balok dengan 3 titik pembebanan (ASTM C-78) dengan besarnya sebesar 3-5 MPa (3050 kg/cm<sup>2</sup>).

Serat baja, aramit atau serat karbon wajib memperoleh kuat tarik lentur sekitar 5-5,5 MPa (50-55 kg/cm<sup>2</sup>) merupakan bahan serat penguat untuk kuat tarik lentur beton. Pada umumnya nilai kuat tarik lentur karakteristik dibulatkan sampai 0,25 MPa (2,5 kg/cm<sup>2</sup>) untuk menyatakan kekuatan rencana. Persamaan keduanya dapat dilihat di rumus berikut ini :

$$f_{cf} = K (f_c')^{0,50} \text{ dalam Mpa atau } \dots\dots\dots (2.7)$$

$$f_{cf} = 3,13 K (f_c')^{0,50} \text{ dalam kg/cm}^2 \dots\dots\dots (2.8)$$

Dengan pengertian :

$f_c'$  : kuat tekan beton karakteristik 28 hari (kg/cm<sup>2</sup>)

$f_{cf}$  : kuat tarik lentur beton 28 hari (kg/cm<sup>2</sup>)

K : konstanta 0,7 untuk agregat tidak dipecah dan 0,75 agregat pecah.

Berdasarkan hasil uji kuat tarik belah beton yang dikerjakan menurut SNI 1991 dapat ditentukan nilai kuat tarik lentur dengan menggunakan rumus yaitu :

$$f_{cf} = 1,37.f_{cs}, \text{ dalam Mpa atau } \dots\dots\dots (2.9)$$

$$f_{cf} = 13,44.f_{cs}, \text{ dalam kg/cm}^2 \dots\dots\dots(2.10)$$

Dengan pengertian :

$f_{cs}$  : kuat tarik belah beton 28 hari

#### 2.4.1.4 Lalu-Lintas

Menurut Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (2003:10) untuk menentukan muatan lalu lintas perkerasan beton dapat dibuktikan pada gandar roda kendaraan angkutan (*commercial vehicle*), yang sepadan dengan konfigurasi muatan pada lajur rencana semasa usia rancangan. Hasil dari penyelesaian hitungan besarnya lalu lintas dan konfigurasi sumbu merupakan hasil dari analisa lalu lintas kendaraan. Kendaraan yang bisa dianalisa untuk perkerasan kaku adalah kendaraan angkutan dengan berat paling rendah 5 ton.

Berdasarkan jenis kelompoknya konfigurasi sumbu kendaraan dapat dibedakan menjadi 4 jenis, yaitu :

- Sumbu tunggal roda tunggal (STRT).
- Sumbu tunggal roda ganda (STRG).
- Sumbu tandem roda ganda (STdRG).
- Sumbu tridem roda ganda (STrRG).

##### 1. Lajur Rencana dan Koefisien Distribusi

Menurut Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (2003:10) lajur dari ruas jalan raya dapat memuat kendaraan angkutan terbesar yang melewati lajur tersebut disebut sebagai lajur rencana. Untuk banyaknya lajur dan koefisien distribusinya (C) dapat dicari berdasarkan lebar perkerasan berdasarkan Tabel 2.14, apabila lintasan tersebut tak memiliki tanda pembatas lajur.

**Tabel 2.14 Jumlah lajur berdasarkan lebar perkerasan dan koefisien distribusi (C) kendaraan niaga pada lajur rencana**

Lebar Perkerasan (Lp)	Jumlah Lajur	Koefisien Distribusi	
		1 Arah	2 Arah
$L_p < 5,50 \text{ m}$	1 lajur	1	1
$5,50 \text{ m} \leq L_p < 8,25 \text{ m}$	2 lajur	0,70	0,50
$8,25 \text{ m} \leq L_p < 11,25 \text{ m}$	3 lajur	0,50	0,475



Lebar Perkerasan (Lp)	Jumlah Lajur	Koefisien Distribusi	
		1 Arah	2 Arah
$11,23 \text{ m} \leq Lp < 15,00 \text{ m}$	4 lajur	-	0,45
$15,00 \text{ m} \leq Lp < 18,75 \text{ m}$	5 lajur	-	0,425
$18,75 \text{ m} \leq Lp < 22,00 \text{ m}$	6 lajur	-	0,40

Sumber: Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, 2003

## 2. Umur rencana

Berdasarkan Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (2003:11) jangka waktu dalam tahun hingga perkerasan wajib diperbaiki atau ditingkatkan merupakan pengertian dari umur rencana. Cara-cara yang digunakan dalam memperbaiki perkerasan adalah melapiskan kembali, menambahkan dan meningkatkan lapisan. Pada umumnya perkerasan ini menggunakan usia rancangan (UR) 20 tahun hingga 40 tahun.

## 3. Pertumbuhan lalu-lintas

Menurut Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (2003:11) dengan bertambahnya bobot lalu lintas yang sepadan dengan usia yang direncanakan atau hingga berkembangnya ruang tersedianya lintasan kendaraan yang dicapai dengan menggunakan faktor pertumbuhan lalu-lintas, maka bisa dihitung dengan rumus berikut :

$$R = (1 + i)^{UR} - 1/i \dots\dots\dots (2.11)$$

Dengan pengertian :

R : Faktor pertumbuhan lalu lintas

i : Laju pertumbuhan lalu lintas per tahun dalam %.

UR : Umur rencana (tahun)

Untuk menentukan faktor pertumbuhan lalu-lintas (R) bisa menggunakan Tabel 2.15.

**Tabel 2.15 Faktor pertumbuhan lalu- lintas (R)**

Umur Rencana (Tahun)	Laju Pertumbuhan (i) per tahun (%)					
	0	2	4	6	8	10
5	5	5,2	5,4	5,6	5,9	6,1
10	10	10,9	12	13,2	14,5	15,9

Umur Rencana (Tahun)	Laju Pertumbuhan (i) per tahun (%)					
	0	2	4	6	8	10
15	15	17,3	20	23,3	27,2	31,8
20	20	24,3	29,8	36,8	45,8	57,3
25	25	32	41,6	54,9	73,1	98,3
30	30	40,6	56,1	79,1	113,3	164,5
35	35	50	73,7	111,4	172,3	271
40	40	60,4	95	154,8	259,1	442,6

Sumber: Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, 2003

#### 4. Lalu-lintas rencana

Menurut Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah (2003:12) jumlah penambahan gandar roda pada kendaraan angkutan pada lajur yang direncanakan semasa usia rancangan, termasuk bagian gandar roda serta penyebaran beban di setiap jenis poros kendaraan merupakan pengertian lalu lintas rencana. Bila diambil dari survei beban, maka beban jenis gandar roda secara khas dikelompokkan menjadi interval 10 kN (1 ton).

Menentukan jumlah poros kendaraan angkutan/niaga semasa usia yang sudah terencana dapat menggunakan rumus seperti berikut :

$$JSKN = JSKN \times 365 \times R \times C \dots\dots\dots(2.12)$$

Dengan pengertian :

JSKN : Jumlah total sumbu kendaraan niaga selama umur rencana

JSKNH : Jumlah total sumbu kendaraan niaga per hari pada saat jalan dibuka.

R : Faktor pertumbuhan kumulatif dari Rumus (4) atau Tabel 2 atau Rumus (5), yang besarnya tergantung dari pertumbuhan lalu lintas tahunan dan umur rencana.

C : Koefisien distribusi kendaraan

#### 5. Faktor keamanan beban

Menurut Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah (2003:12) disebutkan bahwa di setiap saat menentukan beban rencana, terlebih dahulu mengalikan beban poros dengan faktor keamanan beban ( $F_{KB}$ ).

Dengan demikian bermacam-macam tingkat reliabilitas dalam perencanaan, maka faktor tersebut dapat digunakan seperti pada Tabel 2.16:

**Tabel 2.16 Faktor keamanan beban ( $F_{KB}$ )**

No.	Penggunaan	Nilai FKB
1	Jalan bebas hambatan utama ( <i>major freeway</i> ) dan jalan berlajur banyak, yang aliran lalu lintasnya tidak terhambat serta volume kendaraan niaga yang tinggi. Bila menggunakan data lalu lintas dari hasil survey beban ( <i>weight-in-motion</i> ) dan adanya kemungkinan route alternatif, maka nilai faktor keamanan beban dapat dikurangi menjadi 1,15	1,2
2	Jalan bebas hambatan ( <i>freeway</i> ) dan jalan arteri dengan volume kendaraan niaga menengah	1,1
3	Jalan dengan volume kendaraan niaga rendah	1,0

Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003

#### 2.4.1.5 Bahu

Menurut Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (2003:12) bahan pembuat bahu jalan yaitu material lapisan pondasi bawah dan lapisan penutup (aspal atau beton) atau tidak. Bahu dan jalur lalu lintas harus memiliki kekuatan yang sama. Jika tidak sama, maka akan berpengaruh pada kinerja perkerasan nantinya. Permasalahan itu bisa diatasi dengan menggunakan bahu beton, yang mampu untuk mempertinggi kemampuan kerja perkerasan dan ukuran tebal pelat bisa dikurangi. Bahu yang dikaitkan pada lajur lalu-lintas atau menyatu dan bisa mencakup saluran dan kereb merupakan pengertian dari bahu beton semen. Pada umumnya ukuran lebar bahu tersebut sekitar 1,5 meter.

#### 2.4.1.6 Sambungan

Menurut Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (2003:13) ada beberapa fungsi dari sambungan, yaitu untuk :

- Pembatasan terhadap tegangan
- Dapat mengendalikan retak yang diakibatkan oleh penurunan dan pengaruh lenting beban lalu lintas.
- Pelaksanaannya dapat dipermudah.
- Gerakan pelat terakomodasikan.

Ada 2 jenis sambungan pada perkerasan kaku yaitu:

a. Sambungan memanjang dengan batang pengikat (*Tie Bars*)

Menurut Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (2003:13) untuk pengendalian pada kejadian retak memanjang, maka diperlukannya pemasangan sambungan memanjang. Pemasangan ini harus memiliki jarak antar sambungan sekitar 3 – 4 m. Pemasangan sambungan ini memakai batang ulir beserta mutu terendahnya BJTU-24 dan berdiameter 16 mm. Untuk menghitung ukuran batang pengikat bisa menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$A_t = 204 \times b \times h \text{ dan } \dots\dots\dots(2.13)$$

$$l = (38,3 \times \phi) + 75 \dots\dots\dots(2.14)$$

Dengan pengertian :

$A_t$  = Luas penampang tulangan per meter panjang sambungan ( $\text{mm}^2$ ).

$b$  = Jarak terkecil antar sambungan atau jarak sambungan dengan tepi perkerasan (m).

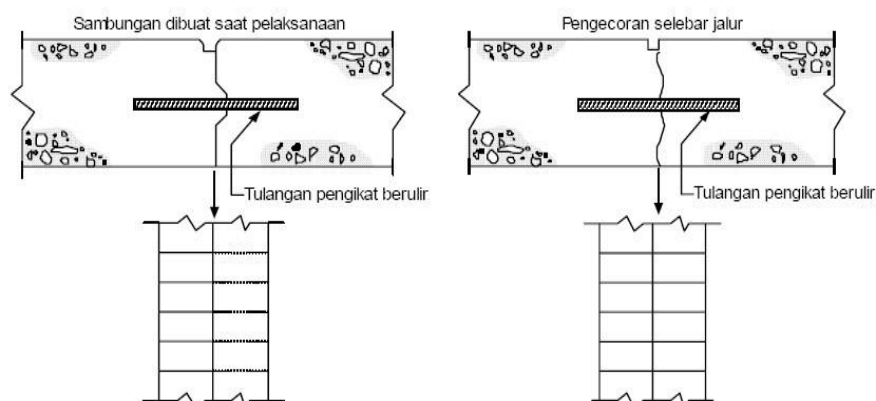
$h$  = Tebal pelat (m).

$l$  = Panjang pengikat batang pengikat (mm).

$\phi$  = Diameter batang pengikat yang dipilih (mm).

Jarak batang pengikat yang digunakan adalah 75 cm.

Pemasangan sambungan memanjang bisa dikerjakan dengan cara penguncian, seperti pada Gambar 2.8.



**Gambar 2.8** Tipikal sambungan memanjang

Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003

b. Sambungan susut melintang

Menurut Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (2003:14) pemasangan sambungan ini pada perkerasan beton bersambung tidak memakai tulangan memiliki jarak sekitar 4 - 5 m, dan pada perkerasan beton bersambung yang memakai tulangan memiliki jarak sekitar 8 – 15 m. Apabila sambungan ini digunakan untuk perkerasan beton menerus yang memakai tulangan, maka pemasangan harus sesuai pelaksanaannya.

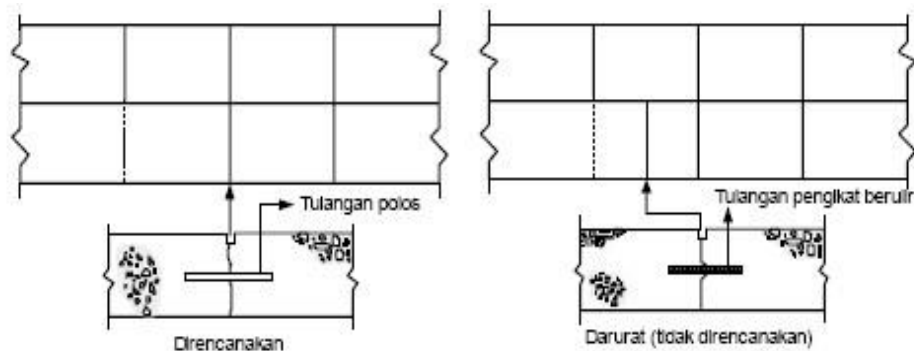
Pemasangan sambungan susut melintang biasanya memakai ruji polos dengan panjang 45 cm, jarak antara ruji 30 cm, lurus serta bebas dari tonjolan tajam yang dapat mempengaruhi gerakan bebas pada saat pelat beton menyusut. Untuk menjaga agar tidak ada keterkaitan dengan beton diperlukan bahan anti lengket yang diolesi pada setengah panjang ruji polos. Berdasarkan tebal pelat beton, dapat ditentukan diameter ruji dengan Tabel 2.17

**Tabel 2.17 Diameter Ruji**

No.	Tebal pelat beton, h (mm)	Diamater ruji (mm)
1.	$125 < h \leq 140$	20
2.	$140 < h \leq 160$	24
3.	$160 < h \leq 190$	28
4.	$190 < h \leq 220$	33
5.	$220 < h \leq 250$	36

Sumber: Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, 2003

Pengikat berulir digunakan apabila pelaksanaan sambungan melintang dilakukan secara darurat atau tidak direncanakan, sedangkan batang tulangan polos digunakan untuk pelaksanaan sambungan melintang yang direncanakan dan juga diletakkan di tengah tebal pelat, seperti pada Gambar 2.9.



**Gambar 2.9 Sambungan pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran pelajur**

Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003

#### **2.4.1.7 Tulangan**

Menurut Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (2003:29) perencanaan tulangan memiliki beberapa tujuan pokok, yaitu :

- a. Lebar retakan dapat dibatasi, maka kekuatan pelat bisa dipertahankan.
- b. Untuk pelat dapat digunakan yang lebih panjang, sehingga banyaknya sambungan melintang bisa dikurangi agar bisa meningkatkan kenyamanan.
- c. Biaya perbaikan dan pemeliharaan dapat dikurangi.

Jarak sambungan susut dapat mempengaruhi jumlah tulangan yang akan digunakan, sedangkan untuk beton bertulang menerus banyaknya tulangan yang diperlukan harus mampu untuk kurangi penggunaan sambungan susut.

#### **1. Perkerasan Beton Semen Bersambung Tanpa Tulangan**

Menurut Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (2003:29), perkerasan beton yang tidak menggunakan tulangan sebenarnya mungkin diperlukannya pemasangan tulangan dengan tujuan dapat mengendalikan retakan yang diakibatkan konsentrasi tegangan yang gak bisa dilewati dengan pengaturan sistem sambungan, sehingga mesti diperlukan tulangan. Tata cara penulangan biasanya dilakukan, yaitu :

- a. Pelat dengan bentuk gak biasa (*Odd-Shaped Slabs*).
- b. Pelat dengan sambungan tidak lurus (*Mismatched Joints*).
- c. Pelat dengan lubang (*Pits or Structures*)

## 2. Perkerasan Beton Semen Bersambung dengan Tulangan

Menurut Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (2003:29) perkerasan beton semen yang melakukan penulangan pada sambungan memanjang serta melintang jalan disebut perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan. Untuk mencari luas penampangnya bisa menggunakan rumus sebagai berikut :

$$A_s = \frac{\mu \times L \times M \times g \times h}{2 \times f_y} \dots\dots\dots(2.15)$$

dimana :

$A_s$  : Luas penampang tulangan baja ( $\text{mm}^2$  /m lebar pelat)

$F_s$  : kuat tarik ijin tulangan (MPa). Biasanya 0,6 kali tegangan leleh

$g$  : gravitasi ( $\text{m/detik}^2$  )

$h$  : Tebal pelat beton (m)

$L$  : Jarak antara sambungan yang tidak diikat dan/atau tepi bebas pelat (m)

$M$  : Berat per satuan volume elat ( $\text{kg/m}^3$  )

$\mu$  : Koefisien gesek antara pelat beton dan pondasi bawah

Apabila tulangan pada beton menerus yang digunakan berupa tulangan berbentuk anyaman, maka untuk mencari tulangan tersebut bisa memakai Tabel 2.18

**Tabel 2.18 Ukuran dan berat tulangan polos anyaman las**

Tulangan Memanjang		Tulangan Melintang		LuasPenampang Tulangan		Besar per satuan Luas (kg/m2)
Diameter (mm)	Jarak (mm)	Diameter (mm)	Jarak (mm)	Memanjang (mm2/m)	Melintang (mm2/m)	
empat persegi panjang						
12,5	100	8	200	1227	251	11,606
11,2	100	8	200	986	251	9,707
10	100	8	200	785	251	8,138
9	100	8	200	636	251	6,967
8	100	8	200	503	251	5,919
7,1	100	8	200	396	251	5,091
9	200	8	250	318	201	4,076
8	200	8	250	251	201	3,552

Tulangan Memanjang		Tulangan Melintang		LuasPenampang Tulangan		Besar per satuan Luas (kg/m2)
Diameter (mm)	Jarak (mm)	Diameter (mm)	Jarak (mm)	Memanjang (mm2/m)	Melintang (mm2/m)	
Bujur sangkar						
8	100	8	100	503	503	7,892
10	200	10	200	393	393	6,165
9	200	9	200	318	318	4,994
8	200	8	200	251	251	3,946
7,1	200	7,1	200	198	198	3,106
6,3	200	6,3	200	156	156	2,447
5	200	5	200	98	98	1,542
4	200	4	200	63	63	0,987

(Sumber : Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003)

### 3. Perkerasan Beton Semen Menerus dengan Tulangan

Menurut Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (2003:30) untuk menentukan penulangan memanjang atau melintang pada beton menerus dapat menggunakan rumus berikut ini :

$$P_s = \frac{100 \times f_{ct} \times (1,3 - 0,2\mu)}{f_y - n \times f_{ct}} \dots \dots \dots (2.16)$$

dimana :

$P_s$  : persentase luas tulangan memanjang yang dibutuhkan terhadap luas penampang

beton (%)  $F_{ct}$  : kuat tarik langsung beton = (0,4 – 0,5  $f_{cf}$ ) (kg/cm<sup>2</sup>)

$F_y$  : tegangan leleh rencana baja (kg/cm<sup>2</sup>)

$n$  : angka ekuivalensi antara baja dan beton pada Tabel 2.19

$\mu$  : koefisien gesekan antara pelat beton dengan lapisan di bawahnya

$E_s$  : modulus elastisitas baja = 2,1 x 10<sup>6</sup> (kg/cm<sup>2</sup>)

$E_c$  : modulus elastisitas beton = 1485  $\sqrt{f'_c}$  (kg/cm<sup>2</sup>)

**Tabel 2.19. Hubungan kuat tekan beton & angka ekuivalen baja dan beton (n)**

$f'_c$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	n
175 - 225	10
235 - 285	8
290 - ke atas	6

(Sumber : Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003)



0.6% luas penampang beton merupakan persentase terkecil dari tulangan memanjang pada perkerasan beton menerus. Supaya jarak dan lebar retakan dapat terkendali, maka perlu dipasang tulangan memanjang. Dan jarak antara retakan pada perkerasan beton menerus dapat dihitung dari dengan rumus berikut :

$$Lcr = \frac{f_{ct}^2}{n \times p^2 \times u \times f_b \times (\epsilon_s \times E_s - f_{ct})} \dots\dots\dots(2.17)$$

dimana :

Lcr : jarak teoritis antara retakan (cm).

p : perbandingan luas tulangan memanjang dengan luas penampang beton.

u : perbandingan keliling terhadap luas tulangan =  $4/d$ .

fb : tegangan lekat antara tulangan dengan beton =  $(1,97\sqrt{f'_c})/d$ .  
(kg/cm<sup>2</sup>)

εs : koefisien susut beton =  $(400.10^{-6})$ .

fct : kuat tarik langsung beton =  $(0,4 - 0,5 f_{cf})$  (kg/cm<sup>2</sup>)

n : angka ekuivalensi antara baja dan beton =  $(E_s/E_c)$ .

Ec : modulus Elastisitas beton =  $14850\sqrt{f'_c}$  (kg/cm<sup>2</sup>)

Es : modulus Elastisitas baja =  $2,1 \times 10^6$  (kg/cm<sup>2</sup>)

Untuk mendapatkan jarak antara retakan yang optimal dan halus, maka :

- Persentase tulangan dan perbedaan nilai antara keliling dan luas tulangan harus besar.
- Bisa memakai tulangan ulir (deformed bars) dalam mencapai tegangan lekat yang lebih besar.

Untuk mendapatkan jarak retakan berdasarkan teori, maka diperlukan hasil dari rumus diatas sekitar 150 cm dan 250 cm.

100 mm - 225 mm merupakan jarak antar tulangan. Diameter batang tulangan memanjang yang digunakan berukuran sekitar antara 12 mm dan 20 mm.

#### **2.4.1.8 Prosedur Perencanaan**

Menurut Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (2003:20) berdasarkan 2 model kerusakan yang dimiliki, maka prosedur perencanaan perkerasan beton semen sebagai berikut :

1. Retak fatik (lelah) tarik lentur pada pelat.
2. Erosi yang terjadi di pondasi bawah atau tanah dasar yang dilakukan oleh lendutan yang terjadi secara terus menerus pada sambungan dan lokasi retak yang direncanakan.

Ada beberapa hal yang harus dipertimbangkan dengan penggunaan ruji atau tanpa ruji pada sambungan atau bahu beton. Pada umumnya penggunaan ruji sering dikerjakan pada perkerasan beton semen menerus. Jenis sumbu, beban yang disalurkan dan juga banyaknya repetisi di tiap-tiap jenis sumbu ataupun gabungan beban yang diperhitungkan semasa usia rencana adalah bagian dari data-data yang diperlukan.

### **2.5 Rencana Anggaran Biaya**

#### **2.5.1 Pengertian Rencana Anggaran Biaya**

1. Menghitung jumlah pengeluaran kebutuhan bahan dan upah, juga biaya lainnya yang dibutuhkan dalam perencanaan proyek pembangunan disebut rencana perhitungan biaya (Syawal:2014). Untuk merencanakan suatu bangunan, biaya yang diperlukan dan penggunaannya, maka diperlukan susunan di beberapa bidang sesuai dengan fungsinya seperti bidang administrasi dan bidang teknik.
2. Cara penyusunan anggaran biaya antara lain :
  - Harga satuan yang ditentukan berdasarkan harga di tiap meter persegi luas lantai dan biasanya digunakan untuk merencanakan RAB disebut anggaran biaya kasar.
  - Harga satuan yang ditentukan harus sama dengan ketentuan dan peraturan yang berlaku dalam menyusun anggaran biaya yang diperlukan disebut taksiran biaya teliti (Syawal:2014 ).

### **2.5.2 Tujuan Rencana Anggaran Biaya**

Menurut (Syawaldi:2014) ada beberapa tujuan dari RAB yaitu untuk mengetahui dan menentukan harga material atau bahan pekerjaan yang akan digunakan untuk perencanaan pembangunan, untuk membiayai hal-hal dibutuhkan selama masa pelaksanaan dan juga agar proyek yang akan dikerjakan bisa berjalan secara baik dan tepat .

### **2.5.3 Fungsi Rencana Anggaran Biaya**

Fungsi dari RAB adalah sebagai petunjuk penggunaan biaya selama pelaksanaan pekerjaan dan sebagai alat dalam mengontrol keperluan biaya yang dibutuhkan selama pengerjaan proyek tersebut (Syawaldi:2014 ).

## **2.6 Analisa Harga Satuan Dasar (HSD)**

Berdasarkan Kementerian Pekerjaan Umum ada beberapa bagian-bagian yang dapat digunakan dalam menyusun harga satuan pekerjaan (HSP), seperti berikut ini :

### **2.6.1 Langkah Perhitungan HSD Tenaga Kerja**

Menurut Kementerian Pekerjaan Umum (2013) sebelum menghitung harga satuan pekerjaan, diperlukan terlebih dahulu bahan yang digunakan sebagai acuan dalam menentukan harga satuan untuk upah HSD tenaga kerja.

Menurut Kementerian Pekerjaan Umum ada beberapa langkah-langkah dalam menghitung HSD tenaga kerja seperti berikut ini:

1. Tenaga kerja yang memiliki keterampilan tertentu seperti pekerja (P), tukang (T), mandor (M), dan kepala tukang (KaT) harus ditentukan terlebih dahulu.
2. Mengumpulkan data upah atau harga yang selaras pada peraturan daerah disekitar lokasi pekerjaan, dan kajian upah hasil peninjauan disekitar tempat pekerjaan yang berdekatan atau yang akan dilakukan.
3. Para pekerja yang didatangkan dari luar daerah atau berbeda daerah dengan tempat pekerjaan harus diperhitungkan biaya kebutuhannya selama bekerja.
4. Jumlah jam efektif bekerja di lokasi pekerjaan selama satu hari yaitu 7 jam, sedangkan selama satu bulan jumlah hari efektif yaitu 26 hari.

5. Biaya tenaga kerja ditentukan setiap jam.

### **2.6.2 Langkah Perhitungan HSD Alat**

Menurut Kementrian Pekerjaan Umum (2013) dalam menentukan HSD alat diperlukan beberapa hal penting seperti data upah operator atau sopir, spesifikasi alat, suku bunga bank, asuransi alat dan faktor alat khusus.

### **2.6.3 Langkah Perhitungan HSD Bahan**

Menurut Kementrian Pekerjaan Umum (2013) sebelum menghitung harga standar pekerjaan, ditetapkan terlebih dahulu bahan yang akan digunakan sebagai acuan harga yang akan dipakai untuk bahan atau material tiap satuan pengukuran standar.

Untuk melakukan analisis terhadap HSD bahan diperlukan beberapa kajian seperti biaya bahan utama (baku), pembuatan barang, pengangkutan dan pemindahan barang menggunakan kendaraan. Untuk memproduksi suatu bahan biasanya diperlukan satu alat atau lebih di setiap produksi bahan. Setiap alat yang akan digunakan untuk memproduksi bahan harus dihitung kapasitas produksinya setiap jamnya.

Ada beberapa hal yang dibutuhkan untuk menghitung kapasitas produksi alat, yaitu :

- Kemampuan alat
- Faktor efisiensi alat
- Faktor lain
- Waktu siklus

### **2.6.4 Cara Menghitung RAB**

Menurut Kementrian Pekerjaan Umum (2013) langkah-langkah dalam menghitung RAB :

- a. Jenis kemampuan pekerja (A), jenis material (B) dan jenis kelengkapan alat (C) disusun secara berurutan lengkap sesuai masing-masing satuan, koefisien, dan harga satuan.
- b. Langkah kedua mengurutkan jumlah harga kemampuan kerja (A), jumlah harga material (B), serta jumlah harga alat (C) yang dipakai.

- c. Semua harga itu kemudian dijumlahkan untuk mencari total harga pekerjaan  $(D) = A+B+C$
- d. Kalikan total harga pekerjaan tersebut dengan volume pekerjaan di setiap pekerjaan  $(R) = D \times V$
- e. Hitung PPN 10%  $(E) = R \times 10\%$
- f. Hitung total keseluruhannya  $(F) = R + E$

